

Рис. 2. Динамическая линия порога

Проблема утечки информации через легальные каналы связи требует к себе все больше пристального и постоянного внимания, поэтому комплексы радиомониторинга непрерывно совершенствуются и дополняются списками стандартов связи, по которым операторы смогут получать исчерпывающую информацию.

УДК 53083

С. А. Дворянцев, В. М. Яумбаев

Научный руководитель: доц. К. И. Костромитин  
Южно-Уральский государственный университет, Челябинск

## ПРИМЕНЕНИЕ РАДИОВОЛНОВЫХ, ВИХРЕТОКОВЫХ И АТОМНО-СИЛОВЫХ МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ ДЛЯ АНАЛИЗА РАБОТЫ ИНТЕГРАЛЬНЫХ МИКРОСХЕМ

*Аннотация.* Представлено описание и характеристики радиоволновых, вихретоковых и атомно-силовых методов контроля, применяемых для анализа работы интегральных микросхем. Актуальность применения радиоволновых и вихретоковых методов контроля обусловлена возможностью проведения проверок на наличие сторонних включений в состав интегральных микросхем, метод атомно-силовой микроскопии позволяет исследовать поверхность интегральной микросхемы с атомной точностью, что может быть применено для обеспечения аппаратной защиты информации в вычислительных системах.

*Ключевые слова:* радиоволновый метод контроля; вихретоковой метод контроля; атомно-силовой метод контроля.

### **Радиоволновые методы контроля (радиомониторинг)**

Физический принцип функционирования основывается на регистрации и анализе изменения параметров, которыми обладают взаимодействующие с контролируемым объектом электромагнитные волны радиодиапазона (рис. 1). Методы применяются для контроля объектов, изготовленных из материалов, не «заглушающих» радиоволны — полупроводников, диэлектриков (керамика), тонкостенных объектов из металла и магнитодиэлектриков [1].

Область применения: при использовании метода возможно обнаружение таких дефектов печатных плат, как раковины, трещины, волосовины, поры, неоднородная структура, различные включения и т. д.

### **Вихретоковый вид неразрушающего контроля**

Физический принцип функционирования основывается на анализе взаимодействия электромагнитного поля вихретокового преобразователя с электромагнитным полем вихревых токов, наводимых в контролируемом объекте.

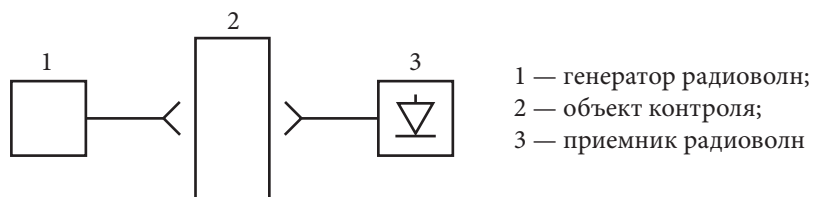


Рис. 1. Схема радиоволнового метода контроля

Вихревыми токами (токи Фуко) называются электрические токи, возникающие вследствие электромагнитной индукции в проводящей среде (обычно в металле) при изменении пронизывающего ее магнитного потока.

Техническая реализация: применяется только для контроля объектов из электропроводящих материалов. Вихревые токи 2 возбуждаются в объекте 3 преобразователем в виде индуктивной катушки 1, которая питается импульсным или переменным током (рис. 2). Приемным преобразователем 4 (измерителем) служит эта же или другая катушка. Приёмную и возбуждающую катушки располагают либо по разные стороны, либо с одной стороны от объекта контроля. Тогда любой возникший дефект контролируемого проводника проявляет себя как препятствие вихревым токам, вызываются изменения в их распределении. На сегодняшний день основу метода составляет конструкция преобразователя, предложенная учеными университета г. Канадзава (Япония). В таком преобразователе измерительной обмоткой служит соленоид, а обмоткой возбуждения является проводник в форме меандра [2].

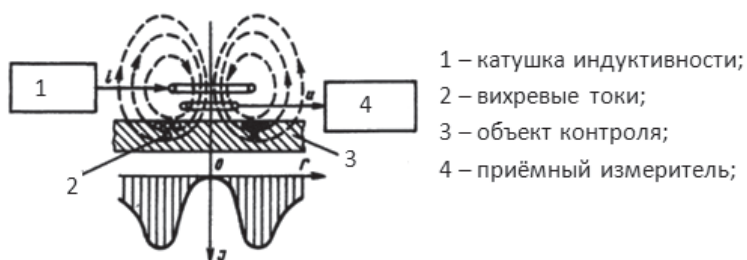


Рис. 2. Схема вихретокового неразрушающего контроля

Область применения: метод позволяет определять химический состав и структуру материала объекта контроля, контролировать размеры изделий (толщину стенки при одностороннем доступе), обнаруживать поверхностные и подповерхностные (на глубине 2–3 мм) дефекты, внутренние напряжения. Использование метода вихревого поля целесообразно для многослойных печатных плат.

Недостаток метода: зависимость выходного сигнала от температуры преобразователя и сильное влияние перекосов осей преобразователей относительно поверхности объектов контроля.

### Атомно-силовая микроскопия

Физический принцип функционирования: атомно-силовая микроскопия — один из видов сканирующей зондовой микроскопии, основанный на ван-дер-ваальсовских взаимодействиях зонда с поверхностью образца. Метод основывается на регистрации притяжения или отталкивания атомов образца и зонда. Зонд, называемый кантилевером, представляет собой тонкую иглу (рис. 3),

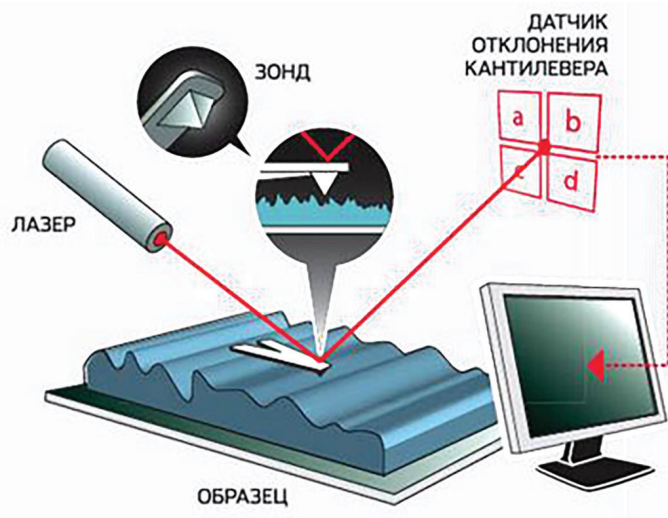


Рис. 3. Схема устройства атомно-силового микроскопа

закрепленную вертикально на тонкой упругой балке. Возможно определение рельефа поверхности с разрешением **от десятков ангстрем вплоть до атомарного**. Можно исследовать как проводящие, так и непроводящие поверхности. Ввиду способности не только сканировать, но и манипулировать атомами, назван силовым.

Техническая реализация: на кончик балки, несущей кантилевер, направлен луч лазера, отражающийся от поверхности и поступающий в центр регистрирующего устройства, разбитого на четыре сектора, что мы и видим на рис. 3. В зависимости от изменения силы взаимодействия «кантилевер — поверхность», происходит изгиб балки, несущей зонд, и луч лазера отклоняется от центральной позиции в один из секторов детектора. Система обратной связи изменяет положение кантилевера, возвращая его (и лазер тоже) в «нулевое» центральное положение. Таким образом, регистрируя сдвиг кантилевера, необходимый для возврата лазера в «нулевую» точку, система измеряет топологию поверхности [2].

Область применения: метод применяется для анализа отказов, определения химического состава образцов, изучения топологии поверхности.

#### Список литературы

1. Костюченко В. Акустическая микроскопия: выявление скрытых дефектов в микроэлектронике // Наноиндустрия. 2012. Т. 33, № 3. С. 42–47.
2. Исследование топологии интегральных микросхем методом атомно-силовой микроскопии / Пилипенко В. А. и др. // Вестн. БГУ. 2012. Сер. 1. № 1. С. 17–20.

УДК 004.056:343.98

И. Р. Зулькарнеев, М. Г. Карпов,  
В. О. Нестор, Д. Ю. Семенов

Научный руководитель: ст. преп. И. Р. Зулькарнеев  
Тюменский государственный университет, Тюмень

#### КОНЦЕПЦИЯ АППАРАТНОГО КРИМИНАЛИСТИЧЕСКОГО ДУБЛИКАТОРА ДАННЫХ

*Аннотация.* В данной статье авторами поднимается вопрос о возможности и целесообразности реализации аппаратного дубликатора данных пригодного для проведения криминалистических экспертиз. Определены основные проблемы и методы их решения. Проведен сравнительный анализ программных микроконтроллеров по заявленным критериям. Сделан вывод о возможности и необходимости создания подобного дубликатора.